

Министерство культуры Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры
«КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКИЙ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНЫЙ
И ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК»

**Нормализация температурно-
влажностного режима в соборе Рождества
Богородицы Ферапонтова монастыря
методом ограниченного подогрева: десять
лет эксплуатации теплого пола**

Е.Н. Шелкова

Проект теплого пола в соборе Рождества Богородицы реализовывался осенью 2002 – весной 2003 года на средства Президентского гранта. С мая 2003 года в музее началось использование инженерной системы теплого пола, которая ещё в момент пробного запуска была определена ведущим специалистом – климатологом Б.Т. Сизовым, как «новый технический этап существования памятника»[\[1\]](#).

Собор Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря – самый ранний из сохранившихся каменных храмов Белозерья уникален авторской росписью московского иконописца Дионисия (1502 г.), дошедшей до нашего времени в полном композиционном составе. Поставленный в 1490 году на высоком подклете, собор в XVI веке был обстроен крытыми папертиями, в XVII веке с южной стороны к нему пристроена церковь Мартинаана. Все эти постройки, составившие соборный комплекс, изначально не отапливались. В конце XVIII века с установкой над закомарным покрытием собора четырехскатной кровли образовалось чердачное пространство. Во время реставрационных работ начала XX в. деревянное перекрытие подклета собора было заменено на железобетонное.

Микроклимат помещений соборного комплекса детально исследовался на протяжении 80-х годов XX века[\[2\]](#). Тогда же осуществлены важнейшие инженерные мероприятия для нормализации температурно-влажностного режима: устройство дренажей, отмостки, вертикальной вентиляции; смена столярных заполнений окон. Одновременно отработывались методы проветривания весной и летом, консервации памятника в зимние сезоны.

Постепенно улучшение микроклимата собора выявило и наиболее сложный период в его состоянии: в весенние и летние сезоны отставание температуры медленно прогревавшихся массивных стен от уличного воздуха с высоким влагосодержанием создавало угрозу увлажнения стенописи[\[3\]](#). Прогрев памятников после зимы требовал стабилизации и ускорения.

В 90-х годах накопленный в музее опыт позволил провести ограниченный экспериментальный подогрев помещений соборного комплекса бытовыми электронагревательными приборами[\[4\]](#). Новые положительные тенденции в изменении температурно-влажностных характеристик собора закрепились с реализацией в 1998 году проекта по обогреву всех помещений комплекса, кроме собора[\[5\]](#).

С 2000 года систематические исследования воздушной среды построек комплекса дополнились измерениями влагосодержания кирпичной кладки стен – основного носителя росписи. С этого времени две взаимосвязанные составляющие оптимизации хранения уникальных росписей – микроклимата и ограждающих конструкций стали предметом единого исследования, позволившего создать новые направления и методики нормализации температурно-влажностного режима уникального стенописного памятника. Работа осуществлялась специалистами Научно-исследовательского института реставрации и Центральными научно-реставрационными мастерскими с использованием неразрушающих методов[\[6\]](#).

Полученные результаты исследования показали необходимость введения ограниченного обогрева собора для сглаживания сезонных тепло-влажностных процессов в стенах. Более высокие (на 1-2°C) температуры в соборе по отношению к окружающим пристройкам должны были направить выведение капиллярной влаги при просушивании стен в противоположную от росписи сторону. Для этого требовалось устройство обогрева в интерьере собора. Заключение о подогреве совпало с необходимостью замены старого деревянного пола[\[7\]](#), поэтому источником тепла в памятнике должен был стать новый

керамогранитный электроподогреваемый пол. Важно отметить, что решение о постоянном регулируемом подогреве собора было принято только после раскрытия и реализации собственного потенциала древней постройки.

Проект разработан Центральными научно-реставрационными мастерскими (главный архитектор проекта С.Б. Куликов) с учетом особенностей памятника. Для инженерной конструкции пола было использовано бетонное перекрытие начала XX века. Важным проектировочным решением явилось создание около стен 15-тисантиметровой неподогреваемой зоны, исключившей прямое воздействие подогрева на росписи.

Демонтаж старого пола и разводка электросетей осуществлены ООО «Электра» (директор К.Л. Смирнов) под специальным укрытием, защищавшим росписи от механических повреждений и запыления. Все работы велись с учетом особенностей режимов содержания памятника в осенне-зимний период года. Выравнивание бетонной стяжки 1913-1914 годов керамопеском, прокладка трех слоев гипсокартона, нагревательного кабеля и выстилка плиткой проводились с использованием «сухих» технологических процессов. Управление электрообогревом и система уборки пыли выведены из интерьера памятника в подклет. В сложных зимних условиях 2002-2003 годов постоянно велся поиск новых технологий, материалов и оборудования, возможных к применению в древнем уникальном памятнике. Эта высокопрофессиональная работа всего коллектива исполнителей прошла проверку временем – за 10 лет эксплуатации не было ни одного сбоя в работе подогреваемого пола собора.

Предполагавшаяся автоматическая система управления подогревом в момент запуска полов не была смонтирована по бюджетным ограничениям. На пульт управления были выведены только температурные датчики, расположенные внутри отдельных секторов пола. Поэтому отработка сезонных параметров подогрева пола для получения необходимых параметров воздуха и стен памятника велась вручную. Основаниями для переключений значений датчиков служат анализ тепло-влажностных характеристик предыдущего дня, прогнозы погоды в средствах массовой информации и замеры параметров воздушной среды и температуры стен [\[8\]](#).

Предварительная многолетняя работа музея по обеспечению ТВР собора обеспечила плавный переход к использованию нового механизма регулирования микроклимата. Обогрев собора включен на протяжении всего года на разных значениях температур датчиков пола в диапазоне от 8°C до 40°C. На минимальных значениях (8°C – 15°C) полы работают в периоды наиболее низких и высоких температур наружного воздуха и с целью охлаждения воздушной среды памятника с конца лета – осенью (до 99 дней). На максимальных значениях (33°C – 40°C) обогрев подключается до 1,5-6 дней в году для ускоренного прогрева. Максимальное количество до 118 дней в году датчики пола выставлены на 20-25°C. Зимой выравнивание температуры осуществляется в соответствии с погодными условиями и состоянием относительной влажности. С потеплением наружного воздуха весной начинается постепенный прогрев памятника в соответствии с наружными параметрами. При длительных возвратных холодах температура в соборе вновь снижается. В летний сезон датчики подогрева пола выставляются на параметры обеспечивающие опережающий прогрев стен в целях предотвращения конденсационного увлажнения росписи [\[9\]](#). В осенний период осуществляется постепенное охлаждение памятника в соответствие с уличными показателями.

Определяющим и самым сложным направлением при регулировании температуры воздушной среды является поддержание заданных соотношений температур между интерьером собора и наружным воздухом, а также окружающими собор постройками –

папертями, ризницей, подклетами, церковью Мартиниана. Кратковременные от нескольких часов до нескольких суток отклонения от заданных соотношений обычно не меняют среднедневных и среднемесячных показателей. Годовые графики [\[10\]](#) показывают возможность поддержания определенных методикой температурных соотношений с уменьшением на 1-2°C от собора к окружающим помещениям; соотношения с уличными параметрами имеют больший градиент за счет значительных низких зимних температур наружного воздуха при поддержании в соборе постоянной положительной температуры около +5°C.

Десять лет эксплуатации подогреваемого пола в соборе зарекомендовали его как удобный надежный инструмент мобильного регулирования температуры воздушной среды и прогрева стен собора посредством теплого воздуха. В среднем, смена параметров на датчиках осуществляется около 50 раз за год, т.е. почти каждую неделю, но на практике периодичность зависит от погодных условий и целей работы каждого конкретного этапа по нормализации температурно-влажностного режима.

Регулирование температурного режима создало условия для стабильного опережающего прогрева стен собора по отношению к наружному воздуху в весенний и летний сезоны наравне с подсушиванием воздуха в интерьере, что является определенной гарантией предотвращения конденсационного увлажнения росписи. Поддержание на протяжении всего года положительных температур в памятнике исключили условия для замерзания и оттаивания капиллярной влаги в поверхностном слое штукатурки с росписями, что является важным фактором их сохранения.

Регулирование влажностного режима. Возможность регулирования температуры в интерьере собора явилась и инструментом для поддержания влажности. Динамика влажностных режимов после введения подогрева стала в меньшей степени реагировать на погодные условия. Обеспечение более высоких температур в интерьерах подсушивает воздух и позволяет поддерживать относительную влажность на протяжении большей части года на уровне около 50%. В зимний период года низкие показатели относительной влажности воздуха в отапливаемых помещениях частично корректируются снижением температуры воздуха в их интерьерах до +2-5°C. Влияние влажности наружного воздуха в 60-70% сдерживается более высокими температурами в интерьерах. Эти процессы хорошо прослеживаются на среднегодовых графиках 2004-2012 годов, как и стабилизация влажностного режима с 2009 года после установки радиосистемы контроля ТВР.

В аномально жарком длительном периоде лета 2010 года прогревом памятника удалось предотвратить конденсационное увлажнение росписи [\[11\]](#).

По заключению специалистов Института реставрации сопоставление разности значений влагосодержания внутреннего и наружного воздуха за годы эксплуатации теплого пола показывает тенденцию сокращения интенсивности миграционных потоков влажности внутри конструкций: годовая дельта приближается к нулю, что является оптимальным, поскольку количество отдаваемой и получаемой из воздуха влаги конструкциями, и в первую очередь авторскими слоями росписи, минимизируется [\[12\]](#).

Распределение параметров ТВР по высоте собора. Параметры алтаря и барабана в условиях подогрева пола имеют незначительные различия. В зимний, весенний и осенний период года в барабане чуть прохладнее (в среднем на 1°C -2°C), в переходные периоды – температуры почти уравниваются, летом среднедневная температура в барабане незначительно выше температуры нижней зоны (на 0,5°C-1,5°C). Влажностные показатели

также имеют незначительный градиент (от 1% до 8%) с более высокими значениями в барабане, возрастающими от лета к зиме.

Микроклимат окружающих собор построек. Поддержание в соборе более высоких температур, чем в окружающих его помещениях, привел к тому, что обогрев папертей, ризницы и церкви Мартиниана используется только в самые сильные морозы и при высокой влажности в жаркие летние дни. Наиболее значительно изменился климат подклета собора: средний показатель относительной влажности воздуха в подклете за эти годы составляет около 50%, в то время как до устройства полов там фиксировалось от 60% до 80%. Здесь же выявилось и единственное слабое звено проекта: подогрев распространяется не только в интерьер собора, но и вниз – в подклет, где в связи с меньшим объемом создаются более высокие температуры. Для их сдерживания до производства работ по теплоизоляции перекрытия подклета используется круглосуточное проветривание подклета.

Проветривание. С использованием ограниченного подогрева собора изменились сроки и задачи проветривания памятника. Весенне-летнее проветривание памятников с устройством подогрева, в основном, направлено на поддержание влажностного режима воздуха в помещениях, а не на корректировку температур, за исключением периодов целенаправленного снижения температуры в соборе – охлаждения вслед за уличными погодными условиями. Сроки проветривания переместились с периода март – август на май – октябрь. Соответственно срокам проветривания изменился и период консервационных мероприятий по уплотнению оконных и дверных проемов для сокращения воздухообмена между собором, папертью и улицей. При этом, несмотря на возможность создания близких режимов между собором и окружающими его помещениями, консервация по-прежнему остается актуальным хранительским мероприятием направленным на снижение воздухообмена в холодный период времени во избежание излишнего высушивания воздушной среды памятника.

Посещаемость. Обогрев построек комплекса расширил возможности для приема музеем посетителей: собор открыт на протяжении почти всего года. С установкой датчиков (воздушного и температуры стены) в барабане собора была увеличена одновременная посещаемость до 20 человек, что составляет 80 человек в час. Фиксируемые радиосистемой параметры ТВР памятника подтверждают положительное влияние посетителей в условиях зимних сезонов в виде постепенного повышения влажности. Все эти годы посещаемость собора изменялась в пределах от 15 до 28 тысяч человек в год. Максимальное количество посетителей приходится на июль-август, когда памятник уже достаточно хорошо прогрет. Изменения тепло-влажностных параметров воздушной среды при этом не превышают допустимых значений.

Отказ от автоматического переключения подогрева. С установкой радиосистемы был разработан модуль проветривания для помещений соборного комплекса. При введении модуля, оказалось, что невозможно разработать алгоритмы с учетом всех особенностей проветривания собора, например, направленных как на прогрев, так и на охлаждение. Пришлось заводить только стандартные условия проветривания, в то время как на практике в соборе наработано множество вариантов с нюансами конкретных ситуаций, времени и состояния всех помещений комплекса, которые могут быть учтены и сбалансированы только с участием специалиста. Этот опыт привел к отказу от автоматического управления подогревом: нестандартные погодные ситуации и особенности памятника требуют ручного управления режимами его подогрева.

Десятилетняя практика регулирования микроклимата собора в условиях его подогрева ещё раз подтвердила, что не было двух одинаковых лет, когда с точностью день в день можно было бы повторить какие-то действия. Находясь в постоянно меняющихся естественных условиях, памятник требует ежедневного внимания и принятия индивидуальных решений по созданию оптимальных параметров хранения. Нормализация температурно-влажностного режима собора является одним из направлений превентивной консервации уникальной стенописи Дионисия. Результаты эксплуатации теплого пола, зафиксированные системой контроля ТВР, подтвердили первоначальные предположения о данном решении, как своевременном и научно-обоснованном этапе в комплексе мер по консервации стенописи.

[1] Ферапонтовский сборник IX. Исследование, реставрация и хранение стенописи собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря. 30 лет принятия Программы. 1981 – 2011 . В 2-х частях. Вологда, 2011, С. 559.

[2] Шелкова Е.Н. Оптимизация микроклимата собора Рождества Богородицы: реализация программы исследований // Сохранение росписей Дионисия 1502 года в соборе Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря. Материалы международной научно-методической конференции (13-15 сентября 2011 года, Кириллов – Ферапонтово). М., 2012, С. 105–116.

[3] Шелкова Е.Н. Из опыта наблюдений за состоянием стенописи собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря // Ферапонтовский сборник II. М., 1988. – С. 188-199.

[4] Шелкова Е.Н. Некоторые особенности температурно-влажностного режима собора Рождества Богородицы в весенне-летний период 1998 года / Ферапонтовский сборник VI. М., 2002, с. 333-337.

[5] Шелкова Е.Н. Проблемы нормализации температурно-влажностного режима в архитектурных памятниках Ферапонтова монастыря. Обзор за 1983-2002 годы / Профессия реставратор. Труды и Дни Ольги Лелековой. М., 2003, с. 112-120.

[6] Проведение мониторинга состояния и выработка рекомендаций по нормализации ТВР памятников архитектуры Кирилло-Белозерского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника. 1 этап – комплекс собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря / Каменева Т.Е., Сизов Б.Т. М.: ЦНРПМ, 2001.

[7] Решение о замене деревянного пола на керамический в комплексе с мероприятиями по температурно-влажностному режиму было принято в ФНМС 28 сентября 2000, подтверждено на следующий год на выездном заседании ФНМС в Ферапонтово и Кириллове. Окончательно устройство теплых полов утверждено ФНМС 12 октября 2001 после сообщения Б.Т. Сизовым результатов исследований режимов конструкций собора. ГАП С.Б. Куликову было рекомендовано разработать проект с регулируемым устройством теплого пола. Все участники совета высказались за современную керамику с заданными характеристиками и тщательным подбором эстетически нейтрального решения. В сентябре 2002 проект рассматривался на совете в ЦНРПМ, 17 октября одобрен ФНМС

[8] В 2009 г. портативные электронные приборы ИВТМ-7 заменены на беспроводную радиосистему этого же производителя. Система окончательно объединила контроль ТВР всех памятников соборного комплекса в единую сеть (11 датчиков) с выводом данных на монитор компьютера. См.: Шелкова Е.Н, Сизов Б.Т., Фомин И.В. Беспроводная система контроля температурно-влажностного режима соборного комплекса Ферапонтова монастыря // Исследования в консервации культурного наследия. Вып. 3. Материалы международной научно-методической конференции. ГосНИИР. Москва, 9-11 ноября 2010 года. М., 2012, С. 280–282.

[9] До 2010 года в соответствии с Методикой 2001 года летние температуры воздуха в соборе ограничивались 18°C. Аномально высокие температуры наружного воздуха в 2010 году изменили стратегию летнего прогрева памятника: при длительных высоких наружных температурах подогрев продолжается с целью выравнивания температурных параметров, см.: Сизов Б.Т., Фомин И.В., Шелкова Е.Н. Использование системы мониторинга температурно-влажностного режима комплекса памятников собора Рождества Богородицы Ферапонтова монастыря для оценки влияния природных аномалий и эффективности реставрационных вмешательств // Природные условия строительства и сохранения храмов православной Руси. Сборник тезисов 5-го Международного научно-практического Симпозиума 16–19 сентября 2012 года. Нижний Новгород, 2012, С. 66–70.

[10] Графики построены лаборантами-климатологами В.Л. Кузнецовой и Н.Д. Чесноковой

[11] Определение условий возможности проветривания помещений соборного комплекса Ферапонтова монастыря в разных погодных условиях. Оценка влияния экстремальных погодных условий 2010 года на ТВР соборного комплекса Ферапонтова монастыря / И.В. Фомин, Я.Н. Викулин, Б.Т. Сизов, Е.В. Шейкин, Е.Н. Шелкова. М., 2010.

[12] Там же, Л. 14.